

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-247863

(43)Date of publication of application : 14.09.1999

(51)Int.Cl.

F16C 33/62
G23C 14/06
G23C 16/36
F16C 19/14

(21)Application number : 10-055253

(71)Applicant : NIPPON SEIKO KK

(22)Date of filing : 06.03.1998

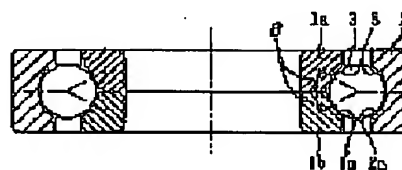
(72)Inventor : TANIGUCHI MASAHIITO
KONNO MASARU
ARAMAKI HIROTOSHI

(54) MULTIPOINT CONTACT BALL BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multipoint contact ball bearing excellent in abrasion resistance and seizure resistance by applying surface preparation on a bearing ring of the multipoint contact ball bearing.

SOLUTION: A hard film is applied at least on a surface of a track surface of one or both of bearing rings consisting of both rings of an inner ring (1a, 1b in case of two-piece inner ring) and an outer ring 2 on a multipoint contact ball bearing of three point contact, four point contact, etc. It is possible to use a super hard film of, for example, CrN, TiN, TiC, etc., as the film. Additionally, film thickness is desirably in a range of 0.1-5 μ m, favourably 0.3-4 μ m and more favourably 0.5-3 μ m.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-247863

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月14日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

F 1 6 C 33/62

F 1 6 C 33/62

C 2 3 C 14/06

C 2 3 C 14/06

A

16/36

16/36

F 1 6 C 19/14

F 1 6 C 19/14

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-55253

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月6日

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 谷口 雅人

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 金野 大

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 荒牧 宏敏

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

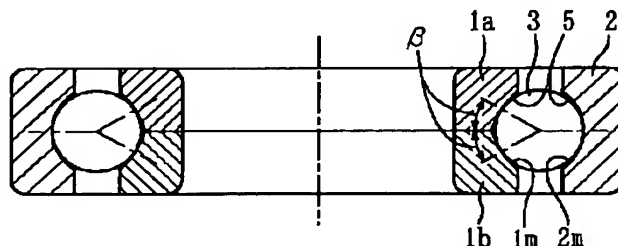
(74) 代理人 弁理士 森 哲也 (外2名)

(54) 【発明の名称】 多点接触玉軸受

(57) 【要約】

【課題】 多点接触玉軸受の軌道輪に表面処理を施すことにより、耐摩耗性、耐焼付き性に優れた多点接触玉軸受を提供する。

【解決手段】 3点接触、4点接触等の多点接触玉軸受において、内輪1(合わせ内輪の場合1a, 1b)、外輪2の両輪からなる軌道輪の一方または両方の軌道輪の少なくとも軌道面の表面に、硬質被膜を施した。その被膜としては、例えばCrNやTiN, TiC等の超硬質被膜を用いることができる。また、被膜厚さは0.1~5 μ mの範囲が望ましく、好ましくは0.3~4 μ m、更に好ましくは0.5~3 μ mである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内外両輪からなる軌道輪の一方または両方の軌道輪の少なくとも軌道面の表面に、硬質被膜を施したことを特徴とする多点接触玉軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3点接触玉軸受や4点接触玉軸受等の多点接触玉軸受に係り、特に、軌道輪の表面に硬質皮膜を施して耐摩耗性、耐焼付き性を向上させた多点接触玉軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】図6(a)、(b)に示すように玉と軌道輪とが3点で接触する3点接触玉軸受や、図7(a)～(c)に示すように玉と軌道輪とが4点で接触する4点接触玉軸受のような多点接触玉軸受は、軸方向の移動量が小さく剛性が高いという利点を有し、且つまた対向

する両方向のアキシアル荷重を支持するコンパクトな機械設計が可能なることから、純アキシアル荷重だけでなくラジアル／アキシアル合成荷重を受ける用途へも応用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記多点接触玉軸受に純ラジアル荷重もしくはラジアル成分の大きなラジアル／アキシアル合成荷重を負荷すると、玉と内外輪軌道面の接触点において、スピン運動による大きなすべりが生じるという現象がある。

【0004】本願発明者らは、この現象について検討するため、表1に示すように内外径が同じ寸法の4種類の玉軸受A～Dをモデル軸受とし、その特性を計算機によってシミュレート解析した。

【0005】

【表1】

軸受諸元				
軸受	A	B	C	D
内径	40 mm			
外径	90 mm			
幅	23 mm			
ピッチ径	65 mm			
玉径	15.081 mm			
玉数	8 個			
みぞ曲率半径	内外輪とも玉径の 52 %			
ラジアルすきま	0.020 mm	—	0.020 mm	0.020 mm
初期接触角	—	30 °	—	—
軌道断面形状	単一円弧	単一円弧	外輪：単一円弧 内輪：ゴシックアーチ	ゴシックアーチ
ゴシックアーチの レストアングル	—	—	30 °	30 °

【0006】表中、記号Aは深みぞ玉軸受（6308をベースとしたもの）、記号Bはアンギュラ玉軸受、記号Cは3点接触玉軸受、記号Dは4点接触玉軸受である。アンギュラ玉軸受（B）は初期接触角30°を有する。3点接触玉軸受（C）の外輪は軸受A、Bと同様に単一円弧形状の軌道みぞ断面をもち、内輪は玉とレストアングル30°で接触するゴシックアーチ型のみぞ断面形状を有する。4点接触玉軸受（D）は内外輪ともに玉とレストアングル30°で接触するゴシックアーチ型のみぞ断面形状を有するものとした。なお、本シミュレート解析においては、各軸受の玉径、玉数、軌道みぞ曲率半径および玉と軌道の表面粗さはすべて同一とした。

【0007】解析手法には「4点接触玉軸受の性能解析」（谷口、荒牧、正田：（社）日本トライボロジー学会、トライボロジー会議1996年春の東京講演予稿集）に記載の方法を採用した。解析対象軸受は、外輪に静止荷重がかかり内輪回転で用いられるものとする。解析に用いた運転条件を表2に示す。

【0008】

【表2】

ラジアル荷重	4900 N (外輪静止荷重)
アキシアル荷重	980 N
回転数	7500 rpm (内輪回転)
潤滑油	ISO VG32 相当
温度	40 °C

【0009】各軸受には、ラジアル荷重（4900 N）とアキシアル荷重（980 N）を負荷した。内輪の回転数はいずれも7500 rpmとした。解析結果を図8に示した。図8は、モデル軸受A、B、C、Dのそれぞれについて、ラジアル荷重が負荷される位置にある玉と内外輪軌道面との接触点におけるPV値の最大値を示している。玉と軌道面との接触点は、実際には表面の弾性変形により、ヘルツの接触理論で楕円形で表される領域をもつ面となる。PV値は、この接触面内の面圧Pとすべり速度Vとの積である。この解析では、玉と内外輪との接触面内においてPV値を計算しており、ここではその最大値を示している。PV値はすべりによる発熱や摩耗の指標として広く用いられている。PVに表面間のすべり摩擦係数 μ を乗じた値 μPV は、単位面積・単位時間

当たりのすべりによる摩擦損失を与える。

【0010】ラジアル成分の大きなラジアル／アキシャル合成荷重を負荷した場合、3点接触玉軸受Cや4点接触玉軸受Dにおいて玉と2点で接触する軌道輪では、玉と軌道面との接触点における最大PV値が、深みぞ玉軸受Aやアングュラ玉軸受Bに比べておよそ2.5から4倍以上と非常に大きな値となっていることがわかる。このように大きなすべりのもとでは、使用条件によっては発熱による温度上昇や焼付き、過大な摩耗の進行などの不具合が生じるおそれがある。

【0011】ここでは、3点接触玉軸受や4点接触玉軸受にラジアル成分の大きなラジアル／アキシャル合成荷重を負荷した例を示したが、純ラジアル荷重を負荷した場合も同様に、玉と2点で接触する軌道輪上で、玉と軌道面との接触点におけるすべりが大きくなる。また、ここでは玉と外輪が1点で接触し、玉と内輪が2点で接触する3点接触玉軸受についての解析例を示したが、玉が外輪と2点で接触し内輪と1点で接触するタイプの3点接触玉軸受についても、同様に荷重条件によっては接触部のすべりが大きくなる。また、みぞ形状はゴシックアーチに限らず、例えば歪円やV字型のみぞ断面形状であっても、少なくとも一方の軌道輪に玉が2点で接触する多点接触玉軸受では、玉と軌道表面間のすべり速度が大きくなる。

【0012】そこで本発明は、上記従来の多点接触玉軸受の問題点に着目してなされたものであり、多点接触玉軸受の軌道輪に表面処理を施すことにより、耐摩耗性、耐焼付き性に優れた多点接触玉軸受を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の多点接触玉軸受は、内外両輪からなる軌道輪の一方または両方の軌道輪の少なくとも軌道面の表面に、硬質被膜を施したことを特徴とする。

【0014】ここに、前記硬質被膜として、例えばCrNやTiN、TiC等の超硬質被膜を用いることができる。また、被膜厚さは0.1～5μmの範囲が望ましく、好ましくは0.3～4μm、更に好ましくは0.5～3μmである、更に好ましい態様として、硬質被膜形成の下地に窒化処理を行うとよい。その場合の窒素Nの拡散層の深さは、0.1～60μm、好ましくは0.5～30μmである。その窒化処理層の上に上記硬質被膜層を形成する。

【0015】本発明の硬質被膜を施すと、玉と接触する軌道面の耐摩耗性が高くなり、且つまた潤滑油膜が薄くなっても従来の軸受鋼製の軸受の場合のように金属対金属の直接接触が生じないために高い耐焼付き性と耐摩耗性が得られる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面

を参照して説明する。図1、図2は本発明の多点接触玉軸受の実施形態例を示したもので、図1は合わせ内輪3点接触玉軸受の断面図、図2は合わせ外輪4点接触玉軸受の断面図である。前者の3点接触玉軸受は、外輪2が単一円弧形状の軌道みぞ断面2mを有し、内輪1（合わせ内輪では1a、1b）が玉3とレストアングルβで接触するゴシックアーチ型のみぞ断面1m（図3参照）を有している。一方、後者の4点接触玉軸受は、外輪2（合わせ外輪では2a、2b）及び内輪1がともに玉3とレストアングルβで接触するゴシックアーチ型のみぞ断面1m、2mを有する。

【0017】本発明の多点接触玉軸受は、鋼製の両軌道輪（内輪1、外輪2）の軌道みぞ1m及び2mの表面に硬質被膜5を施している。もっとも当該硬質被膜5を施すのは必ずしも両方の軌道輪とは限らず、内輪1か外輪2のどちらか一方のみであってもよい。また、硬質被膜5を施す箇所は軌道みぞ表面に限定されず、軌道輪のその他の面に及んでも良い。要は、軌道輪と玉との金属対金属の直接接触で大きなすべりを生じる可能性のある軌道表面に硬質被膜を施して、金属同士の直接接触を防止できれば良い。これにより、玉と軌道面との接触部に大きなすべりが発生する運転条件下にあっても、焼付きや摩耗といった損傷を防止することができる。

【0018】本発明の硬質被膜は、玉の材料として窒化珪素などの硬質のセラミックを使用した場合にも適用できる。その場合も、内外輪軌道面が硬質被膜で保護されているため、軌道の摩耗が少ない。このため、セラミックのもつ低密度、低熱膨張性などの特徴を生かした低トルクで温度上昇も小さい多点接触玉軸受を提供することも可能である。

【0019】前記硬質被膜としては、例えばTiC、TiN、TiCN、CrN、W_xC_y等のいわゆる超硬合金被膜を挙げることができる。これらの被膜種が有効な理由は、転動体の玉に使われる窒化ケイ素等のセラミックスに比べて被膜硬度が硬いことと、鋼との密着性が比較的高いことによる。これら硬質被膜の被膜種のいずれを採用するかは、当該軸受の運転条件によってその効果が左右されるが、例えば摩耗粉等の異物混入の運転条件下ではTiN、TiC、TiCNが被膜寿命にとって効果大きい。摺動性ではCrNが比較的有望である。また、高温での被膜硬度を維持するにはW_xC_yの適用が比較的望ましい。さらに、析出した反応生成物の結晶形態や配向面等については特に限定されないが、例えば一例として柱状結晶が比較的少ないCrN被膜や、配向面では（110、220）を有する反応生成物が中でも望ましい。

【0020】前記硬質被膜の被膜厚さは、0.1～5μmが望ましく、好適には0.3～4μm、さらに好適には0.5～3μmが望ましい。0.1μmより薄膜では下地表面の露出が大きくて硬質被膜の性能は低減され、

摺動性、耐摩耗性の向上効果が小さい。一方、 $5\mu\text{m}$ より厚いと硬質被膜の内部応力が大きくなり、下地との密着性が損なわれるためである。

【0021】前記硬質被膜を施す金属材料（すなわち軌道輪の鋼種）としては、熱処理工程の焼き戻し時に2次硬化析出型の共晶炭化物を形成して寸法を安定化させた材料（高速度鋼、セミハイス、マルテンサイト系ステンレス）、および構成元素成分によって焼き戻し抵抗性を向上させ寸法を安定化させた材料（高炭素クロム鋼に準ずる材料）が好適であり、例えば前者ではSKD、SKH、M50、SUS440C材などがあり、後者では合金鋼材料として、例えば、少なくともSi:0.7~1.5重量%、Cr:0.5~2.0重量%、Mo:0.5~2.0重量%を含有し、表面に浸炭窒化処理を予め施した鋼材料が具体的に挙げられる。

【0022】下地（軌道面）の窒化処理としてはガス窒化、イオン窒化、イオン注入などが好適で、窒素の含有量を適宜にコントロールすることが望ましい。例えば、これら窒化物層は、拡散層として0.1~60 μm が望ましく、さらには0.5~30 μm が好適である。0.1 μm 未満では表層部の硬さ向上の効果はなく、一方60 μm より深いと表面の窒素濃度が高くなって反応析出物の下地との密着性が損なわれるためである。

【0023】前記硬質被膜の成膜方法は、イオンプレーティング、スパッタ等の物理的蒸着法（PVD）や、気相コーティングの1つである化学的蒸着法（CVD）等が望ましい。そのうちでも、被膜生成元素のイオン化率を高くすることができるアーク放電形高真空イオンプレーティング、あるいは金属ターゲットと反応ガスを共存させる反応性スパッタリングや、プラズマを利用して気体分子を非平衡状態で反応させるプラズマCVD等が好適である。イオン化効率を高くする理由は、低い反応温度で成膜できるため処理材料が限定されない利点があるためであり、反応性スパッタリングではプラズマを利用するためさらに低い反応温度で成膜が可能である。また、プラズマCVDは、通常のCVDに比べ析出温度が $1/3\sim 1/4$ に低下するため、やはり処理材料が限定されない利点がある。

【0024】なお、一般にラジアル軸受の外輪軌道面はリング形状部材の内径面にあるため、外径面に軌道面をもつ内輪に比べると軌道面に被膜を生成することは容易でない。そこで、4点接触玉軸受の場合、好ましくは外輪を2個のリングに分割した合わせ外輪とすることにより外輪軌道面への硬質被膜の生成を容易にすることができる。3点接触玉軸受の場合は、運転条件によっては内外輪のうち静止荷重を受ける方の軌道輪を玉と1点で接触させ、他の軌道輪は玉と2点接触させることにより、摩耗や焼付きといった損傷を防止する効果がある。内輪が静止荷重を受ける場合または運転条件によって玉と軌道面間のすべりが許容できる範囲にあると考えられる場

合には、玉が内輪と1点、外輪と2点でそれぞれ接触する3点接触玉軸受の適用が可能である。このとき、好ましくは外輪を2つのリング部材で構成し、各々のリングがそれぞれ一つの軌道面を有する合わせ外輪タイプとすることにより、軌道面への被膜生成を容易にすることができる。

【0025】以上説明したような本発明に係る多点接触玉軸受の用途の例としては、高精度が要求される工作機械主軸用軸受や、コンパクト化が要求される自動車の駆動系、メンテナンスが容易な鉄道車両用の軸受などが挙げられる。

（実施例）次に、実施例により、本発明に係る多点接触玉軸受の効果を説明する。

【0026】実施例1：本発明の多点接触玉軸受の耐焼付性（耐久時間）の膜厚依存性を評価した。供試体として外径60mmのM50材リングを用い、その表面にアーク放電型イオンプレーティング装置を使ってCrNの硬質被膜を形成した。膜厚は反応時間をコントロールすることによって種々に変化させた。膜厚の測定には蛍光X線を用いた。

【0027】評価には、ティムケン型試験機に準ずるリングオンボール式の摩擦摩耗試験機を用いた。同試験機に取り付けた供試体リングを500rpmで回転させながら、その外周面に直径12.7mmのSi₃N₄製ボールを30kgfの荷重で接触させてオイル潤滑下で運転した。そして、焼付きにより一定のモータ負荷（モータの過電流値）がかかったところで回転を停止させ、その間の運転時間をもって耐久時間とした。得られた結果を図4に示す。

【0028】反応生成物であるCrN硬質被膜の膜厚が0.1 μm 未満では耐焼付性の向上効果は認められなかった。一方、膜厚が5 μm を超えると剥離が発生した。膜厚0.5~3 μm であるものが耐久性向上には好ましく、また配向性のないものに比べて（220）の配向面を形成させたものの方がさらに好ましいことが判明した。

【0029】実施例2：本発明の多点接触玉軸受についての下地処理の耐焼付性に及ぼす効果について調べた。

【0030】供試体としてM50材リングを使用し、イオン窒化処理、ガス軟窒化処理の2種類の下地処理をした材料及び下地処理をしない材料にそれぞれ同じ硬質被膜処理を施して硬質被膜を形成し、実施例1と同様に耐焼付時間を調べたものである。

【0031】イオン窒化処理は、8 Torr以下の低圧ガス（N₂+H₂）雰囲気中で、供試体リングを陰極として500Vの直流電圧を印加し、グロー放電中で窒化処理を行った。窒化層の厚さは20~30 μm である。

【0032】ガス軟窒化処理は、水素ガス中にアンモニアガスを混ぜ、その混合ガス中で供試体リングを500℃、1時間処理して20 μm の窒化層を形成させた。上

記のイオン窒化処理またはガス軟窒化処理後に、アーク放電型イオンプレーティング装置を使い供試体リングの表面にCrNの硬質被膜を2 μ mの厚さに成膜した。それら各供試体リングに対しリングオンボール式の摩擦摩耗試験機による耐久試験を行ない得られた焼付き評価結果を、図5に示す。比較例として、下地処理なしの材料に同様の被膜を施した表面についても調べた。図4にも示したように、下地処理を施さない場合でも硬質被膜の耐焼付き効果は認められるのであるが、下地に窒化処理を施した上で硬質被膜を生成した表面は、さらに高い耐焼付き性を示した。この結果から、下地処理の方法としては、イオン窒化処理が好ましいといえる。

【0033】本発明に係る多点接触玉軸受によれば、大きなラジアル荷重を受ける多点接触玉軸受に特有の、玉と軌道面との接触部に大きなすべりが発生しても焼付きや摩耗といった損傷を防止することができるという効果を奏する。また、玉の材料として窒化珪素などの硬質のセラミックを使用しても、内外輪軌道面が硬質被膜で保護されるから軌道の摩耗が少なく、そのためにセラミックのもつ低密度、低熱膨張性などの特徴を生かし、低トルクで温度上昇も小さい軸受を供することができるという効果をも有する。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る多点接触玉軸受にあっては、内外輪軌道のうち少なくとも一つの表面に硬質被膜を施すことにより、大きなラジアル荷重を受ける多点接触玉軸受に特有の、玉と軌道面との接触部に大きなすべりが発生しても、焼付きや摩耗とい

った損傷を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の3点接触玉軸受の一例の断面図である。

【図2】本発明の4点接触玉軸受の一例の断面図である。

【図3】ゴシックアーカムソの部分拡大断面図である。

【図4】多点接触玉軸受における耐焼付き性の膜厚依存性を示す評価試験結果の図である。

【図5】本発明の多点接触玉軸受における下地の窒化処理の違いによる硬質被膜表面の耐焼付き性を示す評価試験結果の図である。

【図6】3点接触玉軸受の断面図で、(a)は内輪2点接触、外輪1点接触タイプ、(b)は内輪1点接触、外輪2点接触タイプのものである。

【図7】4点接触玉軸受の断面図で、(a)は合わせ内輪、(b)は合わせ外輪、(c)は合わせ内輪および合わせ外輪のものである。

【図8】深みぞ玉軸受、アンギュラ玉軸受、3点接触玉軸受および4点接触玉軸受それぞれについて、ラジアル／アキシャル合成荷重下の軌道面における最大PV値を計算機によってシミュレート解析した結果の一例を示す図である。

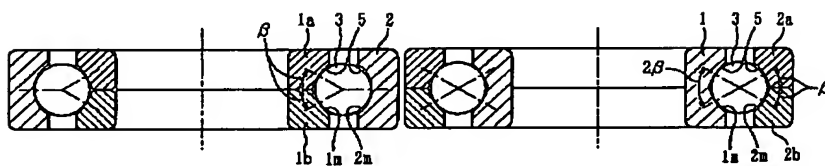
【符号の説明】

- | | |
|-----------|------|
| 1, 1a, 1b | 内輪 |
| 2, 2a, 2b | 外輪 |
| 3 | 玉 |
| 5 | 硬質被膜 |

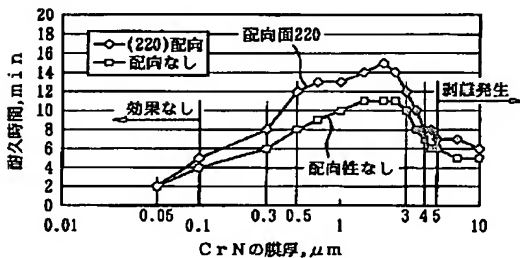
【図1】

【図2】

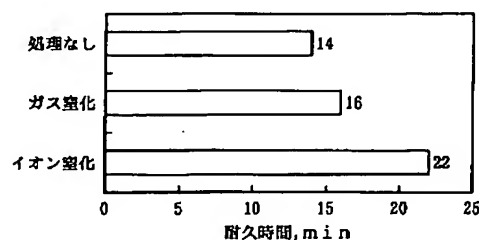
【図3】



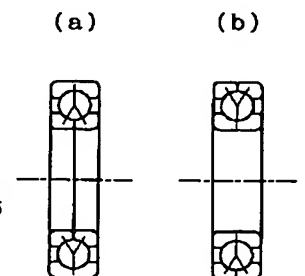
【図4】



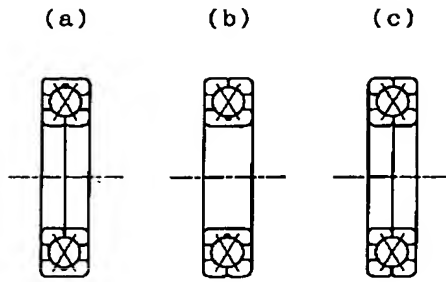
【図5】



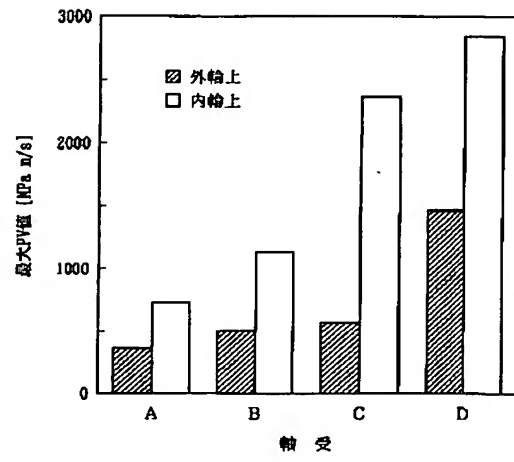
【図6】



【図7】



【図8】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to multipoint contact ball bearings, such as 3 point-contact ball bearing and 4 point-contact ball bearing, and relates to the multipoint contact ball bearing which gave hard anodic oxidation coatings on the surface of the bearing washer, and raised abrasion resistance and seizing resistance especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] 3 point-contact ball bearing which a ball and a bearing washer contact by three points as shown in drawing 6 (a) and (b), Drawing 7 (a) a multipoint contact ball bearing like 4 point-contact ball bearing which a ball and a bearing washer contact by four points as shown in - (c) Since the compact machine design which supports the axial-bond load of the both directions which the movement magnitude of shaft orientations has the advantage that it is small and rigidity is high, and counters again is possible, it is applied not only to a pure axial-bond load but to the use which receives a radial / axial-bond combined radial and thrust loads.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when the load of a pure radial road, or the radial / axial-bond combined radial and thrust loads with a big radial component is carried out to the above-mentioned multipoint contact ball bearing, in the point of contact of a ball and an inside-and-outside ring raceway surface, there is a phenomenon in which the big skid by spin movement arises.

[0004] In order that invention-in-this-application persons might examine this phenomenon, as shown in Table 1, they used as model bearing ball bearing A-D whose diameter of inside and outside is four kinds of the same sizes, and did simulation analysis of the property by the computer.

[0005]

[Table 1]

曉受諸元				
曉受	A	B	C	D
内径	40 mm			
外径	90 mm			
幅	23 mm			
ピッチ径	65 mm			
玉径	15.081 mm			
玉数	8 個			
みぞ曲率半径	内外輪とも玉径の 52 %			
ラシアルすきま	0.020 mm	—	0.020 mm	0.020 mm
初期接触角	—	30 °	—	—
軌道断面形状	単一円弧	単一円弧	外輪：単一円弧 内輪：ゴシックアーチ	ゴシックアーチ
ゴシックアーチのレストアングル	—	—	30 °	30 °

[0006] For front Naka and Sign A, a deep groove ball bearing (what used 6308 as the base), and Sign B are [3 point-contact ball bearing and Sign D of an angular contact ball bearing and Sign C] 4 point-contact ball bearings. An angular contact ball bearing (B) has 30 degrees of initial-contact angles. The outer ring of spiral wound gasket of 3 point-contact ball bearing (C) has the raceway-groove cross section of a single radii configuration like Bearing A and B, and an inner ring of spiral wound gasket has the Gothic arch type groove cross-section configuration of contacting at a ball and rest angle 30 degree. 4 point-contact ball bearing (D) shall have the Gothic arch type groove cross-section configuration where an inside-and-outside ring contacts at a ball and rest angle 30 degree. In addition, in this simulation analysis, all the surface roughness of **** of each bearing, the number of balls, raceway-groove radius of curvature and a ball, and an orbit presupposed that it is the same.

[0007] The method of a publication was adopted as the analysis technique at "4 Performance analysis of a point-contact ball bearing" (the Taniguchi, Aramaki, and Shoda: Japan tribology society, collection of the Tokyo lecture drafts of the spring of

tribology meeting 1996). The bearing for analysis shall require a static load for an outer ring of spiral wound gasket, and shall be used by inner-ring-of-spiral-wound-gasket rotation. The service condition used for analysis is shown in Table 2.

[0008]

[Table 2]

ラジアル荷重	4900 N (外輪静止荷重)
アキシアル荷重	980 N
回転数	7500 rpm (内輪回転)
潤滑油	ISO VG32 相当
温度	40 °C

[0009] The load of a radial road (4900Ns) and the axial-bond load (980Ns) was carried out to each bearing. Each family rotational frequency was set to 7500rpm. The analysis result was shown in drawing 8. Drawing 8 shows the maximum of the PV value in the point of contact of the ball and inside-and-outside ring raceway surface which have a radial road in the position by which a load is carried out about each of the model bearing A, B, C, and D. The point of contact of a ball and a raceway surface serves as a field which has the field expressed with an ellipse form in the contact theory of a Hertz by surface elastic deformation in fact. A PV value is the product of the planar pressure P in this contact surface, and sliding-velocity V. In this analysis, the PV value is calculated in the contact surface of a ball and an inside-and-outside ring, and the maximum is shown here. The PV value is widely used as an index of generation of heat and wear by the skid. Value muprocess variable which multiplied process variable by coefficient-of-sliding-friction mu between front faces does friction loss by the skid per a unit area and unit time.

[0010] When the load of the radial / the axial-bond combined radial and thrust loads with a big radial component is carried out, in the bearing washer which contacts by the ball and two points in 3 point-contact ball bearing C and 4 point-contact ball bearing D, it turns out that the maximum PV value in the point of contact of a ball and a raceway surface is about 2.5 to 4 or more times, and a very big value compared with deep-groove-ball-bearing A or angular-contact-ball-bearing B. Thus, under a big skid, there is a possibility that faults, such as a temperature rise by generation of heat and advance of seizure and excessive wear, may arise, depending on a service condition.

[0011] Here, although the example which carried out the load of the radial / the axial-bond combined radial and thrust loads with a big radial component to 3 point-contact ball bearing or 4 point-contact ball bearing was shown, when the load of the pure radial road is carried out, the skid in the point of contact of a ball and a raceway surface becomes large similarly on the bearing washer which contacts by the ball and two points. Moreover, although the example of analysis about 3 point-contact ball bearing which a ball and an outer ring of spiral wound gasket contact by one point here, and a ball and an inner ring of spiral wound gasket contact by two points was shown, depending on loading condition, the skid of the contact section becomes large similarly about 3 point-contact ball bearing of the type with which a ball contacts by the outer ring of spiral wound gasket and two points, and contacts by the inner ring of spiral wound gasket and one point. Moreover, even if a groove configuration is a **** [not only a Gothic arch but], and V character type groove cross-section configuration, in the multipoint contact ball bearing by which a ball contacts one [at least] bearing washer by two points, the sliding velocity between a ball and an orbital front face becomes large.

[0012] Then, this invention is made paying attention to the trouble of the above-mentioned conventional multipoint contact ball bearing, and aims at offering the multipoint contact ball bearing excellent in abrasion resistance and seizing resistance by performing surface treatment to the bearing washer of a multipoint contact ball bearing.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the multipoint contact ball bearing of this invention is characterized by the thing of the bearing washer of one side of the bearing washer which consists of inside-and-outside both wheels, or both performed for the hard coat on the surface of a raceway surface at least.

[0014] Nature coats of superhard, such as CrN, and TiN, TiC, can be used here as the aforementioned hard coat. Moreover, the range of coating thickness of 0.1-5 micrometers is desirable, and it is preferably good for the ground of hard coat formation to perform [0.3-4-micrometer] nitriding treatment as a still more desirable mode which is 0.5-3 micrometers still more preferably. 0.1-60 micrometers of depth of the diffusion layer of the nitrogen N in that case are 0.5-30 micrometers preferably. The above-mentioned hard coat layer is formed on the nitriding treatment layer.

[0015] Since direct contact of a metal pair metal will not arise like [in the case of the bearing made from the conventional bearing steel] even if the abrasion resistance of the raceway surface in contact with a ball becomes high and a lubricous oil film becomes thin again if the hard coat of this invention is given, high seizing resistance and high abrasion resistance are obtained.

[0016]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the form of operation of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 1 and drawing 2 are what showed the example of an operation form of the multipoint contact ball bearing of this invention; drawing 1 is the cross section of a doubling inner-ring-of-spiral-wound-gasket 3 point-contact ball bearing, and drawing 2 is the cross section of a doubling outer-ring-of-spiral-wound-gasket 4 point-contact ball bearing. An outer ring of spiral wound gasket 2 has 2m of raceway-groove cross sections of a single radii configuration, and the former 3 point-contact ball bearing has 1m (refer to drawing 3) of Gothic arch type groove cross sections which an inner ring of spiral wound gasket 1 (a doubling inner ring of spiral wound gasket 1a, 1b) contacts by the ball 3 and the rest angle beta. On the other hand, both the latter

4 point-contact ball bearings have the Gothic arch type groove cross sections 1m and 2m which an outer ring of spiral wound gasket 2 (a doubling outer ring of spiral wound gasket 2a, 2b) and an inner ring of spiral wound gasket 1 contact by the ball 3 and the rest angle beta.

[0017] The multipoint contact ball bearing of this invention has given the hard coat 5 to the raceway grooves [of both steel bearing washers (an inner ring of spiral wound gasket 1, outer ring of spiral wound gasket 2) / 1m and 2m] front face. But not necessarily, giving the hard coat 5 concerned may not restrict both bearing washers, but it may be either an inner ring of spiral wound gasket 1 or the outer ring of spiral wound gasket 2. Moreover, the part which gives the hard coat 5 is not limited to a raceway-groove front face, but may also reach the field of others of a bearing washer. What is necessary is to give a hard coat to the orbital front face which may produce a big skid in direct contact of the metal pair metal of a bearing washer and a ball in short, and just to be able to prevent direct contact of metals. Even if it is under the service condition which a big skid generates in the contact section of a ball and a raceway surface by this, seizure and damage of wear can be prevented.

[0018] The hard coat of this invention can be applied when hard ceramics, such as a silicon nitride, are used as a material of a ball. Since the inside-and-outside ring raceway surface is protected with the hard coat also in that case, there is little orbital wear. For this reason, it is also possible for a temperature rise to also offer a small multipoint contact ball bearing with the low torque which employed efficiently the features which a ceramic has, such as low density and low thermal-expansion nature.

[0019] As the aforementioned hard coat, the so-called cemented carbide coats, such as TiC, TiN, TiCN, CrN, and Wx Cy, can be mentioned, for example. The reason with these effective coat kinds is because adhesion with steel is [that a coat degree of hardness is hard and] comparatively high compared with ceramics, such as silicon nitride used for the ball of a rolling element. Although the effect is influenced by the service condition of the bearing concerned, TiN, TiC, and TiCN have an effect large [any of the coat kind of these hard coat are adopted] under service conditions of foreign matter mixing, such as wear powder, for a coat life, for example. By sliding nature, CrN is comparatively promising. Moreover, for maintaining the coat degree of hardness in an elevated temperature, it is Wx Cy. Application is comparatively desirable. Furthermore, a CrN coat with comparatively few columnar crystals and the resultant in which it has (110,220) in respect of orientation are desirable, although not limited especially about a crystalline form, an orientation side, etc. of the resultant which deposited especially as an example, for example.

[0020] The coating thickness of the aforementioned hard coat has desirable 0.1-5 micrometers, and its 0.5-3 micrometers are still more suitably desirable 0.3-4 micrometers suitably. In a thin film, exposure on the front face of a ground is large, the performance of a hard coat is reduced and sliding nature and its wear-resistant improvement effect are smaller than 0.1 micrometers. It is because the internal stress of a hard coat will become large on the other hand if thicker than 5 micrometers, and adhesion with a ground is spoiled.

[0021] As a metallic material (namely, steel type of a bearing washer) which gives the aforementioned hard coat The material which the secondary hardening deposit type eutectic carbide was formed [material] at the time of the tempering of a heat treatment process, and stabilized the size (high-speed steel, a semi high speed steel, martensite system stainless steel), And the material (material according to high carbon chrome steel) which raised tempering resistance and stabilized the size by the composition element component is suitable. In the former, there are SKD, SKH, M50, SUS440C material, etc. in the latter for example, as an alloy steel material For example, Si:0.7-1.5 % of the weight, Cr:0.5-2.0 % of the weight, and Mo:0.5-2.0 % of the weight are contained at least, and the charge of steel materials which performed carburization nitriding treatment to the front face beforehand is mentioned concretely.

[0022] As nitriding treatment of a ground (raceway surface), gas nitriding, ion nitriding, an ion implantation, etc. are suitable, and it is desirable to control the content of nitrogen suitably. For example, these nitrides layer has desirable 0.1-60 micrometers as a diffusion layer, and further 0.5-30 micrometers is suitable for it. it is because there is no effect of the improvement in hardness of the surface section, surface nitrogen concentration will become high in less than 0.1 micrometers if deeper than 60 micrometers of one side, and adhesion with the ground of a reaction sludge is spoiled

[0023] The membrane formation method of the aforementioned hard coat has physical vapor depositions (PVD), such as ion plating and a sputter, the desirable chemical vapor deposition (CVD) which is one of the gaseous-phase coating. Among those, reactive sputtering which makes the arc discharge form high-vacuum ion plating which can make the ionization rate of a coat generation element high or a metal target, and reactant gas live together but, the plasma CVD to which a gas molecule is made to react by non-equilibrium using plasma are suitable. Since membranes can be formed with low reaction temperature, the reason for making an ionization efficiency high is because there is an advantage to which processing material is not limited, and since it uses plasma, it can be formed with still lower reaction temperature at reactive sputtering. Moreover, since deposit temperature falls to 1/3 - 1/4 compared with the usual CVD, plasma CVD has the advantage to which processing material is not limited too.

[0024] in addition -- general -- the outer-ring-of-spiral-wound-gasket raceway surface of radial bearing -- a ring configuration -- since it is in the bore side of a member, it is not easy to generate a coat to a raceway surface compared with the inner ring of spiral wound gasket which has a raceway surface in an outer-diameter side Then, in the case of 4 point-contact ball bearing, generation of the hard coat to an outer-ring-of-spiral-wound-gasket raceway surface can be made easy by having divided the outer ring of spiral wound gasket into two rings preferably, and considering as an outer ring of spiral wound gasket. Other bearing washers are effective in preventing wear and damage of seizure by considering two point contacts as a ball by contacting the bearing washer of the direction which receives a static load among inside-and-outside rings by the ball and one point depending on a service condition in the case of 3 point-contact ball bearing. When an inner ring of spiral wound gasket receives a static load, or when it is thought that it is in the range which can permit the skid between a ball and a raceway surface by the service condition, the

application of 3 point-contact ball bearing which a ball contacts, respectively by the inner ring of spiral wound gasket, one point and an outer ring of spiral wound gasket, and two points is possible. At this time, when an outer ring of spiral wound gasket is preferably constituted from two ring members and each ring considers as the doubling outer-ring-of-spiral-wound-gasket type which has one raceway surface, respectively, coat generation to a raceway surface can be made easy.

[0025] As an example of the use of the multipoint contact ball bearing concerning this invention which was explained above, the bearing for machine tool main shafts as which high degree of accuracy is required, the drive system of the automobile by which miniaturization is demanded, the bearing for rail cars with an easy maintenance, etc. are mentioned.

(Example) Next, an example explains the effect of the multipoint contact ball bearing concerning this invention.

[0026] Example 1: The thickness dependency of the antiseizure property (durable time) of the multipoint contact ball bearing of this invention was evaluated. The hard coat of CrN was formed in the front face using the arc discharge type ion plating system, using M50 material ring with an outer diameter of 60mm as a test piece. by controlling reaction time, thickness was boiled variously and changed Fluorescence X rays were used for measurement of thickness.

[0027] The friction abrasion tester of the ring-on ball formula according to the Tim Ken type testing machine was used for evaluation. It is Si 3N4 with a diameter of 12.7mm to the peripheral face, rotating the test-piece ring attached in this testing machine by 500rpm. The make ball was contacted by the load of 30kgf(s), and it operated under oil lubricous. And rotation was stopped and it considered as durable time with operation time in the meantime in the place which required the fixed motor load (overcurrent value of a motor) by seizure. The obtained result is shown in drawing 4.

[0028] As for the improvement effect of an antiseizure property, the thickness of the CrN hard coat which is a resultant was not accepted by less than 0.1 micrometers. On the other hand, when thickness exceeded 5 micrometers, ablation occurred. It became clear that what is 0.5-3 micrometers of thickness is desirable to improvement in endurance, and the direction is still more desirable although the orientation side in comparison with a thing (220) without a stacking tendency was made to form.

[0029] Example 2: It investigated about the effect exerted on the antiseizure property of the surface treatment about the multipoint contact ball bearing of this invention.

[0030] M50 material ring is used as a test piece, the respectively same hard coat processing as the material which does not carry out material which carried out two kinds of surface treatment, ion nitriding processing and gas-soft-nitriding processing, and surface treatment is performed, a hard coat is formed, and durable time is investigated like an example 1.

[0031] Ion nitriding processing impressed the direct current voltage of 500V by having used the test-piece ring as cathode in the low voltage gas (N₂ 10 H₂) atmosphere of 8 or less Torrs, and performed nitriding treatment in glow discharge. The thickness of a nitrated case is 20-30 micrometers.

[0032] Gas-soft-nitriding processing mixes ammonia gas into hydrogen gas, processed 500 degrees C of test-piece rings for 1 hour, and made the 20-micrometer nitrated case form in the mixed gas. After the above-mentioned ion nitriding processing or gas-soft-nitriding processing, the hard coat of CrN was formed in thickness of 2 micrometers on the front face of a test-piece ring using the arc discharge type ion plating system. The seizure evaluation result which may have had the durability test by the friction abrasion tester of a ring-on ball formula performed to each [these] test-piece ring is shown in drawing 5. It investigated also about the front face which gave the coat same as an example of comparison as material without surface treatment. Although the seizure-proof effect of a hard coat was accepted even when surface treatment was not performed as shown also in drawing 4, the front face which generated the hard coat after performing nitriding treatment to the ground showed still higher seizing resistance. From this result, it can be said as the method of surface treatment that ion nitriding processing is desirable.

[0033] According to the multipoint contact ball bearing concerning this invention, even if a big skid occurs in the contact section of a ball and a raceway surface peculiar to the multipoint contact ball bearing which receives a big radial road, the effect that seizure and the injury of wear can be prevented is done so. Moreover, since an inside-and-outside ring raceway surface is protected with a hard coat even if it uses hard ceramics, such as a silicon nitride, as a material of a ball, there is little orbital wear and it also has the effect that a temperature rise can also offer small bearing with low torque, taking advantage of the features which a ceramic has for the reason, such as low density and low-feeve expansibility.

[0034]

[Effect of the Invention] If it is in the multipoint contact ball bearing concerning this invention as explained above, even if a big skid occurs in the contact section of a ball and a raceway surface peculiar to the multipoint contact ball bearing which receives a big radial road by giving a hard coat to at least one front face among inside-and-outside ring orbits, seizure and the injury of wear can be prevented.

[Translation done.]